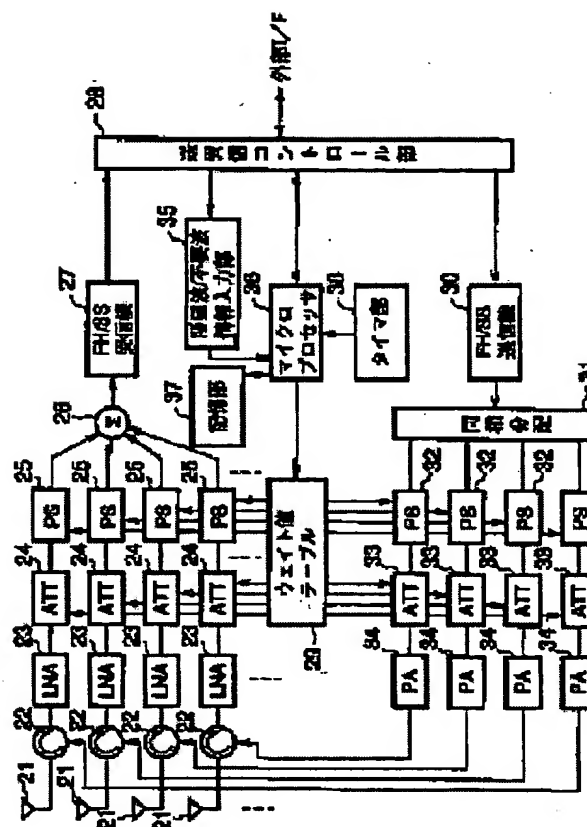


RADIO COMMUNICATION SYSTEM

Patent number: JP2000332668
Publication date: 2000-11-30
Inventor: KONO RYUJI; MOCHIZUKI HIROKI
Applicant: TOSHIBA TEC CORP.; KONO RYUJI
Classification:
 - International: H04B7/10; H04B7/08; H04B7/26; H04B1/713; H04L1/04
 - european:
Application number: JP19990143464 19990524
Priority number(s):

Abstract of JP2000332668

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain certain radio communication by operating optimal directional control by using proper weighting values by each hopping frequencies between a base station and each terminal station in the radio communication in a frequency hopping spectrum diffusion system between the base station and each terminal station.
SOLUTION: A microprocessor 36 preliminarily receives information such as the incoming angle of desired waves of each hopping frequencies or the incoming angle of unnecessary waves from an unnecessary wave generating source and the receiving power for each terminal station from a desired wave/ unnecessary wave information inputting part 35, and stores the weighting values of a transmitting system and a receiving system of each hopping frequencies for each terminal station in a weight value table 29. Then, in the communication, the microprocessor 36 reads the weighting values of the receiving system and the transmitting system of the hopping frequencies in the terminal station from the weight value table at each time of frequency hopping, and sets the weighting values in attenuators 24 and 33 and phase shifters 25 and 32, and forms the optimal directional pattern by every hopping frequency for communication.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-332668

(P2000-332668A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 B	7/10	H 0 4 B	7/10 A 5 K 0 2 2
	7/08		7/08 D 5 K 0 5 9
	7/26	H 0 4 L	1/04 5 K 0 6 7
	1/713	H 0 4 B	7/26 B
H 0 4 L	1/04	H 0 4 J	13/00 E

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-143464

(22) 出願日 平成11年5月24日 (1999. 5. 24)

(71) 出願人 000003562

東芝テック株式会社

東京都千代田区神田錦町1丁目1番地

(71) 出願人 591161014

河野 隆二

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1202-9

(72) 発明者 河野 ▲隆▼二

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1202-9

(72) 発明者 望月 啓希

静岡県三島市南町6番78号 東芝テック株

式会社技術研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

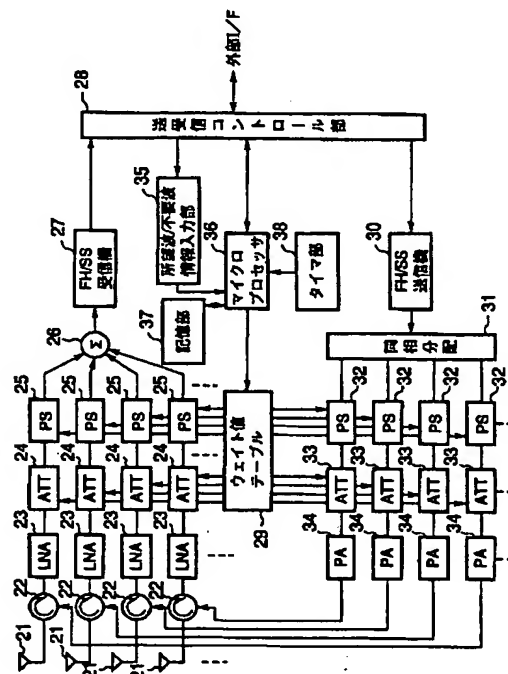
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム

(57) 【要約】

【課題】 基地局と各端末局とで周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信を行うものにおいて、基地局は各端末局との間で各ホッピング周波数毎に適切な重み付け値を使用して最適な指向性制御を行い、確実な無線通信を行う。

【解決手段】 マイクロプロセッサ36は予め所望波/不要波情報入力部35から各端末局毎に各ホッピング周波数毎の所望波到来角や不要波発生源からの不要波到来角及びそれらの受信電力などの情報を受け、ウェイト値テーブル29に各端末局毎に各ホッピング周波数毎の送信系及び受信系の重み付け値を格納する。そして、通信時には、周波数ホッピングする毎にウェイト値テーブルから端末局におけるそのホッピング周波数の受信系及び送信系の重み付け値を讀出してアッティネータ24、33及びフェーズシフタ25、32に設定し、ホッピング周波数毎に最適な指向性パターンを形成して通信を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信する基地局と複数の端末局からなり、少なくとも前記基地局は、複数のアンテナ素子からの受信出力の振幅と位相に重み付け値を乗じて合成した信号を復調する受信手段及び変調した信号を複数に分配し、この分配した各信号の振幅と位相に重み付け値を乗じてそれぞれ前記各アンテナ素子から放射させる送信手段を備えた無線通信装置を有する無線通信システムにおいて、

前記基地局は、前記各端末局に対応してそれぞれホッピング周波数毎に受信系と送信系の重み付け値を記憶した重み付け値記憶手段と、前記各端末局と無線通信を行うとき、周波数をホッピングする毎に前記重み付け値記憶手段から対応する端末局の該当する周波数の送信系及び受信系の重み付け値を讀出して送信系及び受信系の指向性を制御する指向性制御手段を備えたことを特徴とする無線通信システム。

【請求項2】 互いに周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信する基地局と複数の端末局からなり、少なくとも前記基地局は、複数のアンテナ素子からの受信出力の振幅と位相に重み付け値を乗じて合成した信号を復調する受信手段及び変調した信号を複数に分配し、この分配した各信号の振幅と位相に重み付け値を乗じてそれぞれ前記各アンテナ素子から放射させる送信手段を備えた無線通信装置を有する無線通信システムにおいて、前記基地局は、前記各端末局に対応してそれぞれホッピング周波数毎に受信系と送信系の重み付け値を記憶した重み付け値記憶手段と、前記各端末局と無線通信を行うとき、周波数をホッピングする毎に前記重み付け値記憶手段から対応する端末局の該当する周波数の送信系及び受信系の重み付け値を讀出して送信系及び受信系の指向性を制御する指向性制御手段と、前記受信手段の受信状態から前記各端末局毎にホッピング周波数ヒットによるエラー率の変動を検出するエラー率検出手段と、このエラー率検出手段が端末局のエラー率の増加を検出したとき前記重み付け値記憶手段における該当する端末局の受信系及び送信系の重み付け値を再計算して書換える重み付け値書換手段を備えたことを特徴とする無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、屋内無線LANシステムなどに適用され、基地局と複数の端末局との間で周波数ホッピングスペクトラム拡散方式でデータを送受信する無線通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、屋内空間において基地局と端末局とで無線通信を行う場合、マルチパス（多重反射波）によるフェージングの影響を強く受けるため、最大受信

波が到来する方向に指向性を絞って送受信することが有効となる。これを実現したものとして、アダプティブアレイアンテナを使用し、アンテナの各出力の重み付け値を変化させて指向性を最適に制御し基地局と端末局との間で確実な無線通信ができるようにしたものがある。

【0003】例えば、特開平9-219615号公報のものは、図10に示すように、複数のアンテナ素子からなるアダプティブアレイアンテナ1と、各アンテナ素子の送受信信号に対して、設定された重み係数を乗じることにより振幅および位相の重み付けを行う重み付け器2と、この重み付け器2を介して各アンテナ素子への送信信号の分配とアンテナ素子からの受信信号の合成を行う分配/合成部3と、送受信部4と、インターフェース5と、外部演算装置6を備え、指向性の適応制御の計算を外部演算装置6で非リアルタイムで送信相手の各端末毎に行い、各端末毎の重み付け値の切換えを送受信で予め各端末にタイムスロットを割り振り、時分割で行うようになっている。

【0004】この公報のものは、アレイアンテナの指向性の適応制御の計算を外部演算装置6で予め行い、各端末との通信時にはすでに計算した重み付け値を使用して指向性を制御するようにしているので、通信途中で逐次的に重み付け値を計算するものに比べて構成の簡単化、小形化、コスト低下を図ることができるという効果がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、変調方式として、ある決められた周波数帯域内で周波数をホッピングする周波数ホッピング方式のスペクトラム拡散変調が知られているが、上述した公報のものにおいて、このような周波数ホッピングスペクトラム拡散変調方式で無線通信を行う場合、ある特定の周波数、例えば、周波数帯域の中心周波数のもとで計算した重み付け値を使用してアレイアンテナの指向性を制御することになる。

【0006】しかし、周波数ホッピング方式で使用する周波数帯域は比較的広いため、周波数帯域の端の周波数で通信を行う場合には重み付け値が最適指向性を制御する上で適切な重み付け値になっていないという問題が生じる。

【0007】そこで、各請求項記載の発明は、基地局と各端末局とで周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信を行うものにおいて、基地局は各端末局との間で各ホッピング周波数毎に適切な重み付け値を使用して最適指向性制御ができ、従って、常に確実な無線通信ができ、しかも、重み付け値は予め算出したものを使用することで構成を簡単にできる無線通信システムを提供する。また、請求項2記載の発明は、さらに、電波伝搬環境の変化によるエラー率の増加に対して最適指向性の制御を十分に追従させることができ、より良好な無線通信ができる無線通信システムを提供する。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、互いに周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信する基地局と複数の端末局からなり、少なくとも基地局は、複数のアンテナ素子からの受信出力の振幅と位相に重み付け値を乗じて合成した信号を復調する受信手段及び変調した信号を複数に分配し、この分配した各信号の振幅と位相に重み付け値を乗じてそれぞれ各アンテナ素子から放射させる送信手段を備えた無線通信装置を有する無線通信システムにおいて、基地局は、各端末局に対応してそれぞれホッピング周波数毎に受信系と送信系の重み付け値を記憶した重み付け値記憶手段と、各端末局と無線通信を行うとき、周波数をホッピングする毎に重み付け値記憶手段から対応する端末局の該当する周波数の送信系及び受信系の重み付け値を讀出して送信系及び受信系の指向性を制御する指向性制御手段を備えたものにある。

【0009】請求項2記載の発明は、互いに周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信する基地局と複数の端末局からなり、少なくとも基地局は、複数のアンテナ素子からの受信出力の振幅と位相に重み付け値を乗じて合成した信号を復調する受信手段及び変調した信号を複数に分配し、この分配した各信号の振幅と位相に重み付け値を乗じてそれぞれ各アンテナ素子から放射させる送信手段を備えた無線通信装置を有する無線通信システムにおいて、基地局は、各端末局に対応してそれぞれホッピング周波数毎に受信系と送信系の重み付け値を記憶した重み付け値記憶手段と、各端末局と無線通信を行うとき、周波数をホッピングする毎に重み付け値記憶手段から対応する端末局の該当する周波数の送信系及び受信系の重み付け値を讀出して送信系及び受信系の指向性を制御する指向性制御手段と、受信手段の受信状態から各端末局毎にホッピング周波数ヒットによるエラー率の変動を検出するエラー率検出手段と、このエラー率検出手段が端末局のエラー率の増加を検出したとき重み付け値記憶手段における該当する端末局の受信系及び送信系の重み付け値を再計算して書換える重み付け値書換手段を備えたものにある。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

(第1の実施の形態)図1は、屋内無線通信システムの構成を示すもので、例えば、LAN11に基地局12、13を接続している。そして、前記基地局12の自局エリアであるサービスエリア12a内に端末局N1、N2、N3を配置するとともに、前記基地局13の自局エリアであるサービスエリア13a内に端末局N11、N12、N13を配置している。

【0011】前記各基地局12、13は、前記各端末局N1、N2、N3、N11、N12、N13との間で周波数ホッ

ピングスペクトラム拡散変調方式で無線通信を行い、しかも、マルチパスフェージングやシャドウイング等の影響を受けないようにするために指向性ビーム14、15を使用して通信を行うようになっている。

【0012】前記各端末局N1、N2、N3、N11、N12、N13は、例えば、店舗内全体の売上げを管理するホスト装置と個々の売り場で商品販売データを登録する複数のPOS(ポイント・オブ・セールス)端末とが無線でデータの送受信を行う無線POSシステムの各POS端末に接続して使用するよう、移動自在な状態で使用されるものではなく、一度設置されると比較的長期間移動しないものである。従って、指向性ビーム14、15は設置場所が異なる各端末局毎にそれぞれ最適な方向やビームパターンが存在している。

【0013】前記各端末局N1、N2、N3、N11、N12、N13は、対応する基地局12、13に対して通信を行う場合は指向性ビームを使用しても無指向性ビームを使用してもよい。

【0014】図2は前記各基地局12、13の回路構成を示すブロック図で、送受信共用の複数のアンテナ素子21からなるアダプティブアレイアンテナ、各アンテナ素子21に対応してそれぞれ設けた複数のサーキュレータ22、このサーキュレータ22からの受信信号をそれぞれ増幅する複数の低雑音増幅器(LNA)23、増幅した信号の振幅レベルを制御する複数のアッティネータ(ATT)24、位相を制御する複数のフェーズシフタ(PS)25を備えている。

【0015】そして、前記各フェーズシフタ25から出力される受信信号をリニアコンバイナ26で合成した後、周波数ホッピングスペクトラム拡散変調(FH/SS)方式の受信機27に供給し、この受信機27で復調等の通常の受信動作を行って受信データを出力し、この受信データを送受信コントロール部28に供給している。前記送受信コントロール部28は受信データを外部インターフェース(I/F)を介して前記LAN11に送信するようになっている。

【0016】前記アンテナ素子21、サーキュレータ22、低雑音増幅器23、アッティネータ24、フェーズシフタ25、リニアコンバイナ26及び受信機27は受信手段を構成し、前記アッティネータ24とフェーズシフタ25はそれぞれ独立に振幅と位相を制御でき、その制御値は重み付け値記憶手段としてのウェイト値テーブル29からの重み付け値に基づいて設定されるようになっている。従って、前記各アンテナ素子21からの受信信号に前記ウェイト値テーブル29からの重み付け値による適当な重み付けを行うことでアダプティブアレイアンテナとして所望の受信指向性ビームを形成できることになる。

【0017】また、前記送受信コントロール部28からの送信データを変調して送信信号に変換する周波数ホッ

ピングスペクトラム拡散変調 (FH/SS) 方式の送信機 30、この送信機 30 からの送信信号をアンテナ素子 21 の数分の信号に同相分配する同相分配器 31、この同相分配器 31 からの信号をそれぞれ位相制御する複数のフェーズシフタ (PS) 32、それぞれ振幅制御する複数のアッティネータ (ATT) 33、この各アッティネータ (ATT) 33 からの信号をそれぞれ電力増幅して前記各サーキュレータ 22 にそれぞれ供給する電力増幅器 (PA) 34 を備え、前記送受信コントロール部 28 からの送信データを送信機 30 で変調した後、同相分配器 31 で同相分配し、この同相分配した信号をフェーズシフタ 32 で位相制御した後、アッティネータ 33 で振幅制御し、さらに、電力増幅器 34 で電力増幅してから前記サーキュレータ 22 を介して複数のアンテナ素子 21 から送信するようになっている。

【0018】前記送信機 30、同相分配器 31、フェーズシフタ 32、アッティネータ 33、電力増幅器 34、サーキュレータ 22 及びアンテナ素子 21 は送信手段を構成し、前記アッティネータ 33 とフェーズシフタ 32 はそれぞれ独立に振幅と位相を制御でき、その制御値は前記ウェイト値テーブル 29 からの重み付け値に基づいて設定されるようになっている。従って、送信信号に前記ウェイト値テーブル 29 からの重み付け値による適当な重み付けを行うことでアダプティブアレイアンテナとして所望の送信指向性ビームを形成できることになる。

【0019】前記送受信コントロール部 28 は所望波/不要波情報入力部 35 を制御するようになっている。前記所望波/不要波情報入力部 35 は、前記送受信コントロール部 28 から各端末局からの所望波の到来角や不要波発生源からの不要波の到来角及びそれらの受信電力、さらには、送受信系の各素子毎の雑音電力など適応処理アルゴリズムに必要な情報を取り込み、その情報をマイクロプロセッサ 36 に知らせるようになっている。

【0020】前記マイクロプロセッサ 36 は前記送受信コントロール部 28 を制御すると共に、前記所望波/不要波情報入力部 35 からの情報に基づいて前記ウェイト値テーブル 29 や記憶部 37 を制御するようになっている。すなわち、前記マイクロプロセッサ 36 は、前記ウェイト値テーブル 29 に対して、各端末局に対応する各ホッピング周波数毎の各アンテナ素子 21 の送信系及び受信系のウェイト値を計算し決定して書き込む処理を行うとともに、端末局と周波数ホッピング方式で無線通信を行うときにはタイマ部 38 で設定されたホッピング周波数の切換えタイミングに応じて前記ウェイト値テーブル 29 から該当する端末局の各ホッピング周波数に対応した各アンテナ素子 21 の送信系及び受信系の重み付け値を読み出してそれぞれ送信手段及び受信手段の指向性を制御するようになっている。前記記憶部 37 には、受信系の適応処理アルゴリズムや送信系の最適指向性合成アルゴリズムが記憶されている。

【0021】このシステムでは端末局 N1, N2, N3, N11, N12, N13 は一度設置されると比較的長期間に亘って位置を移動することがない。従って、基地局では端末局の位置や不要波発生源の位置、すなわち、端末局からの所望波の到来角度や不要波の到来角度は予め知ることができる。また、各ホッピング周波数毎の到来波や不要波の受信レベルや各アンテナ素子 21 で発生する熱雑音なども実測や計算により予め知ることができる。

【0022】そして、各端末局における各ホッピング周波数毎の所望波や不要波の到来角や受信電力及び各アンテナ素子の熱雑音がわかると、前記マイクロプロセッサ 36 は、アダプティブアレイアンテナの適応処理理論やアレイアンテナの指向性合成理論に基づいて受信系や送信系の最適重み付け値を各端末局毎に、しかも各ホッピング周波数毎に計算によって求めることができる。なお、各アンテナ素子 21 の素子配置は既知である。

【0023】図 3 は前記ウェイト値テーブル 29 の各端末局 N1, N2, N3, … に対する重み付け値の設定例を示しているが、このテーブルには各端末局毎にそれぞれホッピング周波数に応じた送信系と受信系の振幅重み付け値と位相重み付け値をそれぞれ各アンテナ素子 21 に対応して設定される。すなわち、図中 291 は端末局 N1, N2, N3 のホッピング周波数 f1 における受信系の各アンテナ素子毎の振幅重み付け値 A111, A121, A131, A141, …, A211, A221, A231, A241, …, A311, A321, A331, A341, … と位相重み付け値 P111, P121, P131, P141, …, P211, P221, P231, P241, …, P311, P321, P331, P341, … を設定したテーブルを示し、図中 29n は端末局 N1, N2, N3 のホッピング周波数 fn における受信系の各アンテナ素子毎の振幅重み付け値 A11n, A12n, A13n, A14n, …, A21n, A22n, A23n, A24n, …, A31n, A32n, A33n, A34n, … と位相重み付け値 P11n, P12n, P13n, P14n, …, P21n, P22n, P23n, P24n, …, P31n, P32n, P33n, P34n, … を設定したテーブルを示している。なお、ここでは受信系の場合を示しているが送信系の場合もテーブル構成は同じである。

【0024】このシステムでは、基地局 12, 13 のマイクロプロセッサ 36 は、通信プロトコル等を使用して通信相手となる端末局を特定する。端末局を特定すると、この特定した端末局と周波数ホッピングスペクトラム拡散変調方式で通信を開始するが、そのときには周波数ホッピングする毎にウェイト値テーブル 29 からその特定した端末局の該当するホッピング周波数の各アンテナ素子 21 毎の受信系及び送信系の重み付け値を読み出してそれぞれアッティネータ 24, 33 及びフェーズシフタ 25, 32 に設定し、これにより、受信系及び送信系のホッピング周波数に対する最適指向性パターンを形成して通信を行うことになる。

【0025】前記ウェイト値テーブル 29 に格納する受

信系の重み付け値は前記マイクロプロセッサ36により前記記憶部37に記憶した適応処理アルゴリズムにより算出されるが、適応処理アルゴリズムには、MSN(maximum signal to noise ratio: 最大SNR法)法や定包絡線信号用アルゴリズムであるCMA(constant modulus algorithm)法などがあり、それぞれの計算のためには各端末局からの各ホッピング周波数毎の所望波の到来角や不要波発生源からの不要波の到来角及びそれらの受信電力、さらには、受信系の各素子毎の雑音電力などの情報が必要となる。

【0026】これらの情報は事前に収集された後、前記所望波/不要波情報入力部35から前記マイクロプロセッサ36に供給され、これに基づいてマイクロプロセッサ36は適応処理アルゴリズムにより各端末局の各ホッピング周波数毎の各アンテナ素子21に設定する重み付け値を算出してウェイト値テーブル29に設定する。このようにして算出した重み付け値をホッピング周波数に応じて各アンテナ素子21にセットすると、アンテナ全体の受信指向特性は端末局からの所望波方向に強い指向特性を持ち、不要波方向にヌルを形成するようになり電波の伝搬環境に適応する。

【0027】以上は受信系の重み付け値の設定について

$$X(t) = S(t) + I(t) + N(t)$$

但し、 $S(t)$ は所望波、 $I(t)$ は不要波、 $N(t)$ は雑音電力を表わしている。続いて、ステップS2にて、ステアリングベクトル/ S の計算を行う。これは、下記(2)式に基づいて行う。なお、 d はアンテナ素子間隔、 λ はC

$$\bar{s} = \left(\exp(j \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d_1 \cdot \sin \theta_s), \dots, \exp(j \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d_k \cdot \sin \theta_s) \right)^T \dots (2)$$

【0032】続いて、ステップS3にて、下記(3)式に

$$R_{xx} = E[X(t)X(t)^H]$$

なお、 $E[\cdot]$ は期待値(アンサンブル平均: 時間平均)を表わしている。

【0033】続いて、ステップS4にて、相関行列 R_{xx} の逆行列 R_{xx}^{-1} の計算を行う。続いて、ステップS5にて、最適ウェイト値: $W(OPT)$ ベクトルの計算を

$$W_{opt} = R_{xx}^{-1} \cdot \bar{s} = \begin{bmatrix} W_{opt1} \\ \vdots \\ W_{optk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} WR_{opt1} + jWI_{opt1} \\ \vdots \\ WR_{optk} + jWI_{optk} \end{bmatrix} \dots (4)$$

【0035】続いて、ステップS6にて、各複素ウェイト $W(OPT)$ を下記(5)式に基づいて位相/振幅ウェイトに変換する。

述べたが、送信系における重み付け値のウェイト値テーブル29への設定も同様で、各端末局からの各ホッピング周波数毎の所望波の到来角や不要波発生源からの不要波の到来角及びそれらの受信電力、さらには、送信系の各素子毎の雑音電力などの情報に基づいてマイクロプロセッサ27が重み付け値の計算を行って設定する。送信系の重み付け値の計算には指向性合成理論等を使用する。

【0028】図4はアレイアンテナの適応処理理論に基づく受信系の最適重み付け値を求めるアルゴリズムの一例を示し、MSNアルゴリズムと呼ばれるもので、所望波と不要波の電力や方向の情報がわかっているときに受信指向性を最適にするのに適している。

【0029】この適応処理は、マイクロプロセッサ36によって行われ、先ず、ステップS1にて、不要波の到来角 θ_i 、所望波の到来角 θ_s の入力及び所望波の入力電力 P_s 、不要波の入力電力 P_i 、受信系の各素子の熱雑音電力の合計 P_n の入力、さらには、ホッピング周波数 f_H の入力を行い、下記(1)式に基づいて入力信号ベクトル $X(t)$ を作成する。

【0030】

... (1)

/ f_H である。

【0031】

【数1】

基づいて相関行列 R_{xx} の計算を行う。

... (3)

下記(4)式に基づいて行う。すなわち、最適重み付けベクトル W_{OPT} を相関行列の逆行列 R_{xx}^{-1} とステアリングベクトル/ S の積で求める。

【0034】

【数2】

【0036】

【数3】

$$\left. \begin{aligned}
 & A_{\text{optk}} = \left(|W_{R\text{optk}}|^2 + |W_{I\text{optk}}|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\
 & \text{(i) } W_{R\text{optk}} < 0 \text{ かつ } W_{I\text{optk}} > 0 \text{ の時} \\
 & \phi_{\text{optk}} = \tan^{-1} \left(\frac{W_{I\text{optk}}}{W_{R\text{optk}}} \right) + \pi \\
 & \text{(ii) } W_{R\text{optk}} < 0 \text{ かつ } W_{I\text{optk}} < 0 \text{ の時} \quad \dots (5) \\
 & \phi_{\text{optk}} = \tan^{-1} \left(\frac{W_{I\text{optk}}}{W_{R\text{optk}}} \right) - \pi \\
 & \text{(iii) 上記以外の時} \\
 & \phi_{\text{optk}} = \tan^{-1} \left(\frac{W_{I\text{optk}}}{W_{R\text{optk}}} \right)
 \end{aligned} \right\}$$

【0037】そして、最後に、ステップS7にて、重み付け値の位相／振幅値をウェイト値テーブル29に記憶する。なお、受信系の最適な重み付け値を求めるアルゴリズムはこの他にもMMSE（最小二乗誤差法）やCMA（定包絡線信号用アルゴリズム）など種々あるが、それぞれにおいて事前に知っておく情報は異なる。

$$\Sigma(\theta) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n \exp(jnkd(\cos \theta - \cos \theta_0)) \quad \dots (6)$$

【0040】この(6)式は、指向性を θ_0 方向（ θ_0 ：所望の方向）に向ける場合の式である。また、 A_n が n 番目の素子への振幅重み付け値（重み付け係数）を表わしている。

【0041】図5ではアンテナエレメントが d の間隔で N 素子並んでいて、(6)式を使って θ_0 方向に指向性を合成した例である。この図は、基地局の送信系で重み付け値を調整して角度 θ_0 の方向に送信ビームを合成するときの最も簡単な例を示す。図中の黒丸0～ $N-1$ がアレイアンテナの各素子を示している。所望方向 θ_0 にビームの指向性を合成するためには、 n 番目の素子の励振位相を $n \cdot k \cdot d \cdot \cos \theta_0$ とすればよい。すなわち、所望方向に対して、各アンテナ素子21の位相が揃うようにする。

【0042】また、 A_n の値は数学的手法を用いて決めることができ、この方法でサイドローブを低く抑えたものに、Dolph-ChebyshevアレイアンテナやTator分布アレイアンテナなどがある。このように、送信系においても、位相、振幅の重み付け値を調整することで所望の指向性を得ることができるが、送信指向性合成方法はこれ以外にも種々ある。

【0043】図6は基地局12、13が各端末局N1、N2、N3、N11、N12、N13との間で周波数ホッピングスペクトラム拡散変調方式で無線通信を行うときの、指向性制御のための重み付け値の切換え制御を示す流れ図で、まず、ステップS11にて、システムの起動によりホッピング周波数 f_H が入力され、続いて、ステップS12にて、通信プロトコル等を使用して通信相手の端末局 N を特定する。

【0038】図5は送信系指向性合成例を示している。アレイアンテナの指向性合成理論には幾つかあるが、リニアアレイアンテナの合成指向性を表わす基本式は下記(6)式で示される。

【0039】

【数4】

【0044】続いて、ステップS13にて、相手端末局 N 及びホッピング周波数 f_H に対応した送信系及び受信系の振幅及び位相の重み付け値をウェイト値テーブル29から読出してアッティネータ24、33及びフェーズシフタ25、32に設定する。これにより、アレイアンテナのホッピング周波数 f_H に対する送信系及び受信系の最適指向性が設定される。

【0045】この状態で特定した端末局とで通信を行い、ステップS14にて、タイマ部38からの信号によりホッピング周波数の切換えか否かをチェックする。そして、ホッピングの切換えであれば、ステップS11に戻って次のホッピング周波数 f_H を入力して同様の処理を繰返す。

【0046】このような構成においては、基地局12、13のウェイト値テーブル29には事前の測定により予め各端末局毎に各ホッピング周波数毎の受信系及び送信系のウェイト値が格納されている。この状態で、例えば、基地局12が端末局N1を特定して通信を行う場合、最初のホッピング周波数 f_H を入力し、端末局N1を特定する。そして、ウェイト値テーブル29からホッピング周波数 f_H に対応した端末局N1に対する受信系及び送信系の各アンテナ素子21の重み付け値を讀出してアッティネータ24、33及びフェーズシフタ25、32に設定する。

【0047】こうして、基地局11と端末局N1が周波数 f_H で通信するときの受信系及び送信系の最適な指向性が設定されて通信が行われる。そして、一定時間が経過して次のホッピング周波数 f_H に移行するとき、その周波数に対応した端末局N1に対する受信系及び送信系

の各アンテナ素子21の重み付け値を讀出してアッティネータ24、33及びフェーズシフタ25、32に設定し、次のホッピング周波数fHでの受信系及び送信系の最適な指向性が設定されて通信が行われる。

【0048】このようにして、ホッピング周波数が切替わる毎にそのときの周波数に対応した端末局N1に対する受信系及び送信系の各アンテナ素子21の重み付け値を讀出して受信系及び送信系の最適な指向性を設定して通信を行うので、ホッピングにより周波数が切替わっても常に周波数に応じた適切な重み付け値を使用して最適な指向性制御ができる。従って、常に確実な無線通信ができる。

【0049】また、受信系及び送信系の重み付け値の算出をリアルタイムで行わずにウェイト値テーブル29に格納されている事前に算出して求めた重み付け値を使用しているので、リアルタイムで行う場合のような高速応答性が要求されず、従って、大半をソフトウェア処理で対処でき、ハードウェア構成を簡単にできる。

【0050】(第2の実施の形態)なお、前述した第1の実施の形態と同一の部分には同一の符号を付し異なる部分について説明する。全体のシステム構成は図1と同様である。図7に示すように、第1の実施の形態の基地局の構成にホッピング周波数のヒットによるエラー率の変動を検出するエラー率検出手段としてのエラー率検出／監視部39を追加したものである。

【0051】周波数ホッピング方式を使用した場合は近傍エリアとの周波数ヒット率の増加に起因するエラー率の増加という問題が発生する。例えば、図8に示すように、エリアAの基地局は隣接エリアB、C、D、Eの基地局に対して、この各基地局とは異なるホッピング系列で周波数をホッピングさせることで互いに同一の周波数にならない、すなわち、周波数がヒットしないようにしている。

【0052】しかし、隣接エリアでは無いが近傍エリアA'の基地局はエリアAの基地局と同一のホッピング系列で周波数ホッピングする可能性があり、このような場合には他局干渉波W1により周波数のヒット率が高くなりエラー率が増加する。また、人の増減や仕物の移動などにより時間経過とともに電波伝搬環境が変化した場合、ホッピングレートがデータレートよりも遅い低速周波数ホッピングでは同一エリア内でのマルチパス干渉波W2の影響を受けてエラー率が増加する。

【0053】これを解消するために、前記エラー率検出／監視部39がエラー率の増加を検出したとき、マイクロプロセッサ36はそのときの所望波／不要波情報入力部35からの情報に基づいて重み付け値を再計算してウェイト値テーブル29に格納されている受信系及び送信系の重み付け値を書換えるようになっている。

【0054】すなわち、マイクロプロセッサ36は、図9に示すように、まず、ステップS21にて、平均的な

エラー率が増加したか否かをチェックする。そして、増加を検出すると、ステップS22にて、そのときの情報収集を行う。この情報収集は所望波／不要波情報入力部35によって行われ、各端末局からの所望波の到来角や不要波発生源からの不要波の到来角及びそれらの受信電力、さらには、送受信系の各素子毎の雑音電力などの情報を収集する。

【0055】続いて、ステップS23にて、図4の適応処理アルゴリズムにより受信系の最適ウェイト計算処理を各周波数毎、各端末局毎に行い、続いて、ステップS24にて、図5で述べた送信系指向性合成により送信系の最適ウェイト計算処理を各周波数毎、各端末局毎に行う。こうして、電波伝搬環境に変化によりエラー率が増加したときには重み付け値を再計算してウェイト値テーブル29の重み付け値を書換える。そして、再び、ステップS21の平均的なエラー率の変動チェックに戻る。

【0056】このような構成においては、基地局12、13のウェイト値テーブル29には事前の測定により予め各端末局毎に各ホッピング周波数毎の受信系及び送信系のウェイト値が格納されている。この状態で、例えば、基地局12が端末局N1を特定して通信を行う場合、最初のホッピング周波数fHを入力し、端末局N1を特定する。そして、ウェイト値テーブル29からホッピング周波数fHに対応した端末局N1に対する受信系及び送信系の各アンテナ素子21の重み付け値を讀出してアッティネータ24、33及びフェーズシフタ25、32に設定する。

【0057】こうして、基地局11と端末局N1が周波数fHで通信するときの受信系及び送信系の最適な指向性が設定されて通信が行われる。そして、一定時間が経過して次のホッピング周波数fHに移行するとき、その周波数に対応した端末局N1に対する受信系及び送信系の各アンテナ素子21の重み付け値を讀出してアッティネータ24、33及びフェーズシフタ25、32に設定し、次のホッピング周波数fHでの受信系及び送信系の最適な指向性が設定されて通信が行われる。

【0058】このようにして、ホッピング周波数が切替わる毎にそのときの周波数に対応した端末局N1に対する受信系及び送信系の各アンテナ素子21の重み付け値を讀出して受信系及び送信系の最適な指向性を設定して通信を行うので、ホッピングにより周波数が切替わっても常に周波数に応じた適切な重み付け値を使用して最適な指向性制御ができる。従って、常に確実な無線通信ができる。

【0059】また、受信系の適応処理や送信系の最適指向性合成処理をリアルタイムで行う必要は無く、従って、高速応答性が要求されず、大半をソフトウェア処理で対処でき、全体として、基地局のハードウェア構成をきわめて簡単にできる。

【0060】そして、他局干渉波や同一エリア内でのマ

ルチパス干渉などによりサービスエリア12a内の電波伝搬環境が変化してホッピング周波数のヒット率が高くなり平均的なエラー率が増加した場合には、基地局12のエラー率検出/監視部39がそれを検出してマイクロプロセッサ36に知らせ、マイクロプロセッサ37はそのときの所望波/不要波情報入力部35からの情報に基づいて各端末局N1, N2, N3毎に各ホッピング周波数毎の受信系の重み付け値及び送信系の重み付け値を改めて算出し、ウェイト値テーブル29に格納されている重み付け値を書換える。

【0061】従って、以降は、電波伝搬環境が変化した状態で各端末局とそれぞれのホッピング周波数のもとで良好な無線通信ができる送受信系の最適指向性が設定されることになる。このように、ホッピング周波数のヒット率の増大という電波伝搬環境の変化によるエラー率の増加に対して最適指向性の制御を十分に追従させることができ、より良好な無線通信ができる。

【0062】

【発明の効果】各請求項記載の発明によれば、基地局と各端末局とで周波数ホッピングスペクトラム拡散方式で無線通信を行うものにおいて、基地局は各端末局との間で各ホッピング周波数毎に適切な重み付け値を使用して最適な指向性制御ができ、従って、常に確実な無線通信ができ、しかも、重み付け値は予め算出したものを使用することで構成を簡単にできる。また、請求項2記載の発明によれば、さらに、電波伝搬環境の変化によるエラー率の増加に対して最適指向性の制御を十分に追従させることができ、より良好な無線通信ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すもので、屋内無線通信システムの構成を示す図。

【図2】同実施の形態における基地局の回路構成を示すブロック図。

【図3】図2におけるウェイト値テーブルの重み付け値の設定例を示す図。

【図4】同実施の形態で使用する受信系の重み付け値決定のための適応処理を示す流れ図。

【図5】同実施の形態における基地局の送信系で重み付け値を調整して角度 θ_0 の方向に送信ビームを合成するときの最も簡単な例を示す図。

【図6】同実施の形態における指向性制御のための重み付け値の切換え制御を示す流れ図。

【図7】本発明の第2の実施の形態における基地局の回路構成を示すブロック図。

【図8】同実施の形態においてエラー率が増加する場合を説明するための図。

【図9】同実施の形態における重み付け値の再計算処理を示す流れ図。

【図10】従来例を示すブロック図。

【符号の説明】

12, 13…基地局

N1, N2, N3, N11, N12, N13…端末局

21…アダプティブアレイアンテナのアンテナ素子

24, 33…アッティネータ

25, 32…フェーズシフタ

27…周波数ホッピングスペクトラム拡散変調方式の受信機

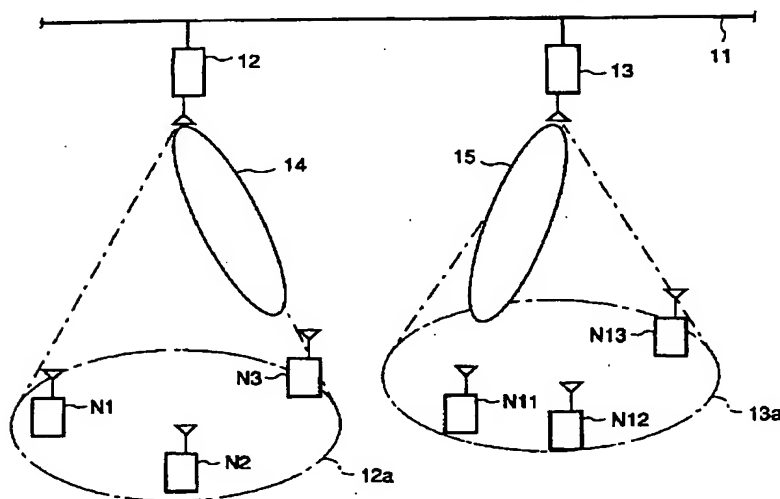
29…ウェイト値テーブル

30…周波数ホッピングスペクトラム拡散変調方式の送信機

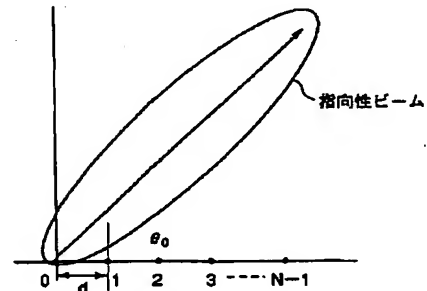
35…所望波/不要波情報入力部

36…マイクロプロセッサ

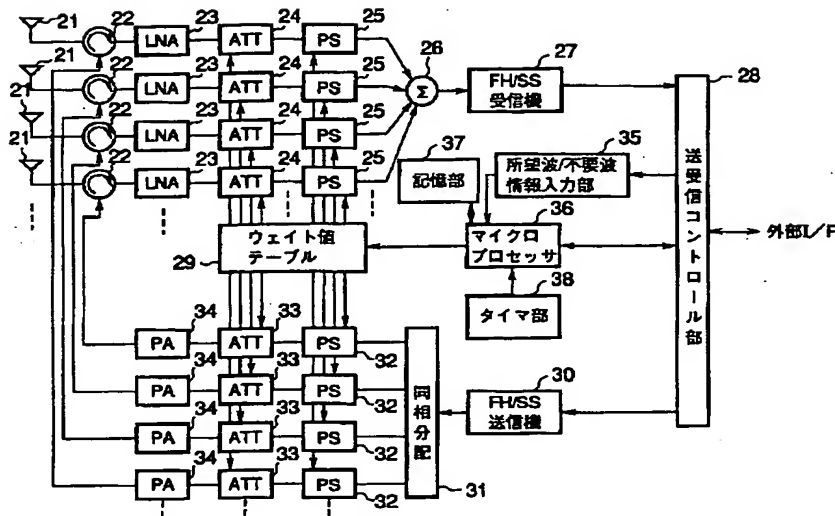
【図1】



【図5】



【図2】



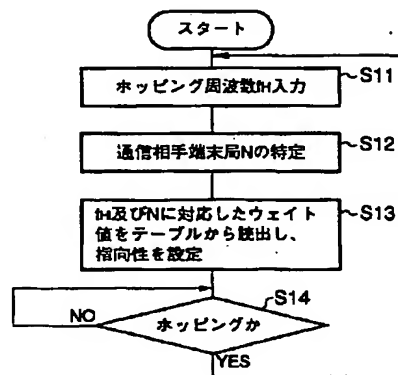
【図3】

振幅重み付け値					位相重み付け値			
端末局N1	A111	A121	A131	A141	P111	P121	P131	P141
端末局N2	A211	A221	A231	A241	P211	P221	P231	P241
端末局N3	A311	A321	A331	A341	P311	P321	P331	P341

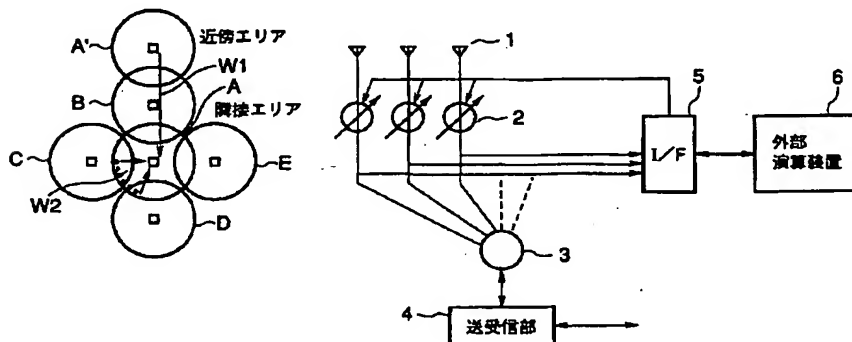
振幅重み付け値					位相重み付け値			
端末局N1	A11n	A12n	A13n	A14n	P11n	P12n	P13n	P14n
端末局N2	A21n	A22n	A23n	A24n	P21n	P22n	P23n	P24n
端末局N3	A31n	A32n	A33n	A34n	P31n	P32n	P33n	P34n

【図8】

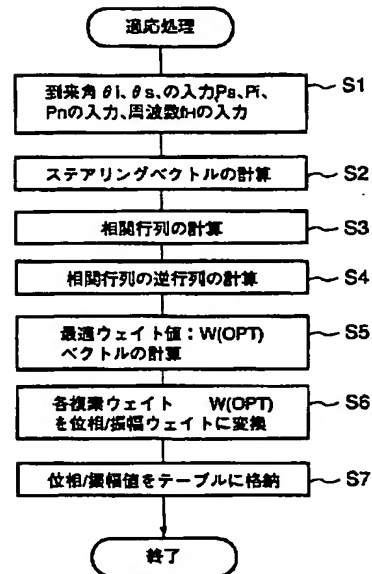
【図6】



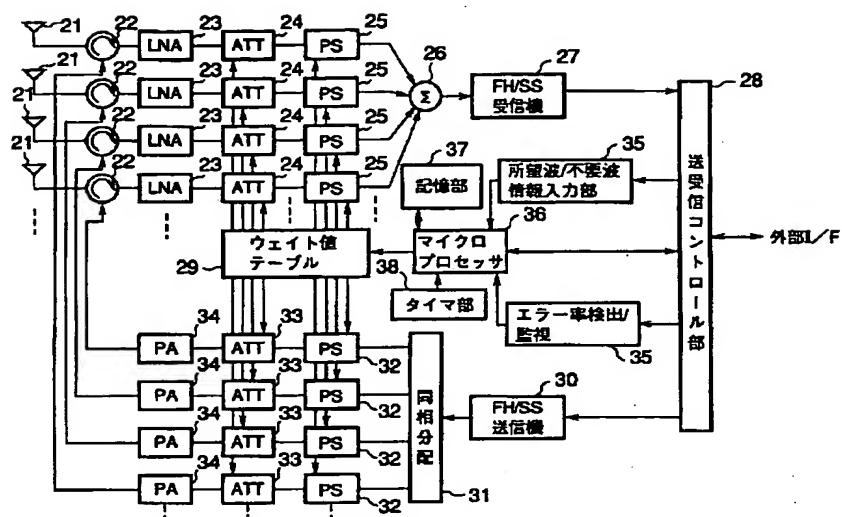
【図10】



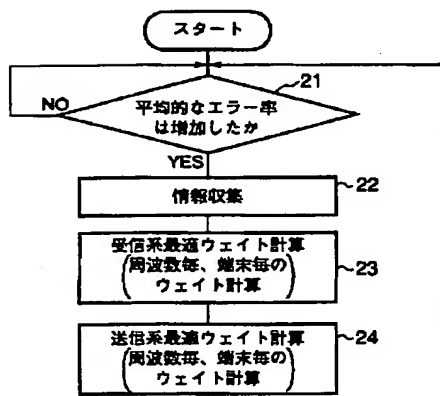
【図4】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K022 EE04 EE21 EE31
 5K059 CC03 CC04 DD33 DD37 EE03
 5K067 AA02 BB02 CC10 CC24 DD13
 DD27 DD51 EE02 EE10 KK02
 KK03